

PAT-NO: JP02001168387A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001168387 A

TITLE: III NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR
ELEMENT

PUBN-DATE: June 22, 2001

INVENTOR- INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SHIBATA, NAOKI	N/A
SENDAI, TOSHIAKI	N/A
SEDA, MASANOBU	N/A
ITO, JUN	N/A
WATANABE, HIROSHI	N/A
ASAMI, SHINYA	N/A
ASAMI, SHIZUYO	N/A

ASSIGNEE- INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOYODA GOSEI CO LTD	N/A

APPL-NO: JP2000191779

APPL-DATE: June 26, 2000

PRIORITY-DATA: 11276556 (September 29, 1999)

INT-CL (IPC): H01L033/00, H01L031/02, H01L021/205

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To substantially totally reflect a light from a III nitride compound semiconductor in a substrate layer having a textured structure, a sectional trapezoidal shape or a pit-like surface shape.

SOLUTION: A reflecting layer made of a nitride of one or

more types of metals selected from titanium, zirconium, hafnium and tantalum is formed on the textured structure, sectional trapezoidal shape or the pit-like surface of the substrate layer. The surface structure of the substrate layer is reflected, and the surface of the reflecting layer is also the textured structure, the sectional trapezoidal shape or the pit-like state.

COPYRIGHT: (C) 2001, JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-168387

(P2001-168387A)

(43)公開日 平成13年6月22日(2001.6.22)

(51)Int.Cl.

H 01 L 33/00

31/02

// H 01 L 21/205

識別記号

F I

テマコード(参考)

H 01 L 33/00

C 5 F 0 4 1

21/205

5 F 0 4 5

31/02

A 5 F 0 8 8

審査請求 未請求 請求項の数9 O.L. (全9頁)

(21)出願番号

特願2000-191779(P2000-191779)

(22)出願日

平成12年6月26日(2000.6.26)

(31)優先権主張番号 特願平11-276556

(32)優先日 平成11年9月29日(1999.9.29)

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地

(72)発明者 柴田 直樹

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 千代 敏明

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内

(74)代理人 100095577

弁理士 小西 富雅 (外1名)

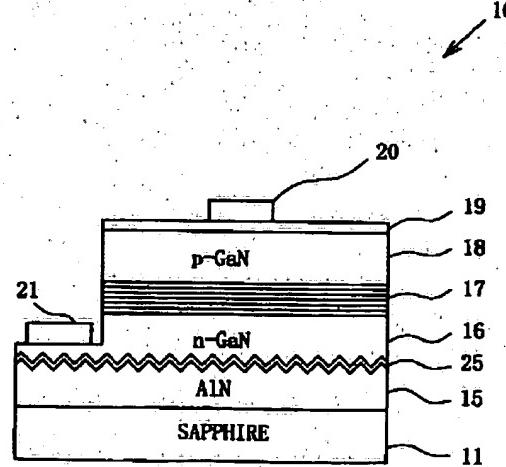
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 III族窒化物系化合物半導体素子

(57)【要約】

【目的】 テクスチャ構造、断面台形状、若しくはピット状の表面形状を有する下地層においてIII族窒化物系化合物半導体からの光を実質的に全反射させる。

【構成】 下地層におけるテクスチャ構造、断面台形状、若しくはピット状の表面の上に、チタン、ジルコニウム、ハフニウム及びタンタルから選ばれる1種又は2種以上の金属の窒化物からなる反射層を形成する。下地層の表面構造が反映されてこの反射層の表面もテクスチャ構造、断面台形状、若しくはピット状である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、

発光素子機能又は受光素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、

前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に形成される下地層であって、該下地層はIII族窒化物系化合物半導体で形成されてその表面がテクスチャー構造、断面台形状、若しくはピット状である下地層と、該下地層の表面に形成される反射層であって、チタン、ジルコニウム、ハフニウム及びタンタルから選ばれる1種又は2種以上の金属の窒化物からなり、その表面形状は前記下地層の表面形状を反映したものである反射層と、

を備えてなるIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項2】 前記反射層は窒化チタンからなる、ことを特徴とする請求項1に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項3】 前記下地層は $A_1 \times Ga_1 - x N$ ($0 \leq x \leq 1$) からなる、ことを特徴とする請求項1又は2に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。【請求項4】 前記下地層は $A_1 N$ からなる、ことを特徴とする請求項3に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。【請求項5】 前記下地層は $InGaAlN$ からなる、ことを特徴とする請求項1又は2に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。【請求項6】 前記下地層は $InAlN$ 又は $InGaN$ からなる、ことを特徴とする請求項1又は2に記載のII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項7】 前記基板はサファイア製若しくはシリコン単結晶製である、ことを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項8】 前記下地層と前記基板との間に堆積層が介在される、ことを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項9】 前記基板はサファイア製であり、前記下地層は $A_1 N$ からなりその表面はテクスチャー構造であり、前記反射層は窒化チタンからなる、ことを特徴とする請求項1に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はIII族窒化物系化合物半導体素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 III族窒化物系化合物半導体素子は発光ダイオード等の発光素子に用いられる。かかる発光素子では、例えばサファイア製の基板表面に素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層をエピタキシャル成長させた構成である。

【0003】 しかしながら、サファイア基板とIII族窒

化物系化合物半導体層では熱膨張係数や格子定数が異なるので、サファイア基板とIII族窒化物系化合物半導体層との間に歪みが生じる。この歪みの為に生ずる現象として、サファイア基板とIII族窒化物系化合物半導体層の積層体にそりが発生する。このそりがあまりにも大きくなると、半導体の結晶性が損なわれたり半導体層にクラックが入るおそれのあることはもとより、素子作製時のアライメント調整にも不具合が生じる。そのため、従来ではいわゆる低温堆積層を基板とIII族窒化物系化合物半導体層との間に形成して上記の歪みを緩和していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 一般的な有機金属気相成長法（以下、「MOCVD」法という）を採用して素子を形成するときのIII族窒化物系化合物半導体層の成長温度は1000°C以上である。一方、低温堆積層の成長温度は400～500°C程度であるため、1000°C程度で行われる基板グリーニングからIII族窒化物系化合物半導体層までの温度履歴をみると、高温（1000°C）→低温（400～500°C）→高温（1000°C）となり、温度調整が困難なばかりでなく、熱効率も悪い。そこで、堆積層を高温で形成することが考えられるが、基板上に直接1000°C前後の高温でIII族窒化物系化合物半導体（例えば低温堆積層と同じ $A_1 N$ 層）を成長させると、そりの問題が再び浮上する。

【0005】 本発明者らは、上記そりの問題を解決すべく検討を重ねてきた結果、特願平2000-41222号（出願人整理番号：990438、代理人整理番号：P0149-01）において下記構成の発明を提案している。即ち素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層をその表面上に形成可能な下地層を有し、該下地層の表面には傾斜が形成されており、前記下地層の表面において該傾斜面の占める面積割合が、平面投影面上で、5～100%である、ことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子。

【0006】 また、他の見方をすれば、下地層をテクスチャー構造とすることが好ましい。ここにテクスチャー構造とは、任意の断面をみたとき下地層表面がノコギリ歯状に、即ち傾斜面を介して谷と山とが繰返している構造を指す。この山部は、独立した多角錐形（円錐形も含む）の場合と山脈状に連なっている場合の両方を含む。また、この明細書において、断面台形状とは山部頂上における平坦領域が多くなったものを指し、更に平坦領域が多くなったものをピット状と呼ぶ。この明細書では斜面領域の占める割合が平面投影面上で70～100%をテクスチャー構造、30～70%を断面台形状、5～30%をピット状と呼ぶ。

【0007】 このような下地層を用いることによりIII族窒化物系化合物半導体層と下地層を含めた基板との間の歪みが緩和される。これは、ヘテロ界面に傾斜面が存在することによりヘテロ界面にかかる応力が当該傾斜面

と平行に加わることとなって分散され、もって応力が緩和されることによると考えられる。このようにして歪みが緩和されると、そりの問題が低減される。その結果、III族窒化物系化合物半導体層へクラックが入ることを未然に防止できることはもとよりその結晶性が向上し、さらには素子作製時のアライメントも取り易くなる。

【0008】本願発明者らは上記表面構造を有する下地層についてさらに検討を重ねてきたところ、下記の課題を見出すに至った。下地層はIII族窒化物系化合物半導体で形成されているため、360nm以上の波長を有する光を透過させる。ちなみに、下地層をAlN（屈折率：2.12）で形成しその上のIII族窒化物系化合物半導体層をGaN（屈折率：2.60）で形成したとき、GaN側からの光を下地層で全反射するには、下地層に対する光の入射角を約22度以下にしなければならない。ここにテクスチャ構造等を有する下地層にあってはその表面に対する光の入射角が小さくなるので比較的反射効率が高いといえるが、下地層表面全域において確実に全反射を得ることはできない。即ちこの発明は、テクスチャ構造、断面台形状、若しくはピット状の表面形状を有する下地層においてIII族窒化物系化合物半導体からの光を実質的に全反射させることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明は上記課題を解決すべくなされたものであり、その構成は次の通りである。基板と、発光素子機能又は受光素子機能を有するII族窒化物系化合物半導体層と、前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に形成される下地層であって、該下地層はIII族窒化物系化合物半導体で形成されてその表面がテクスチャ構造、断面台形状、若しくはピット状である下地層と、該下地層の表面に形成される反射層であって、チタン、ジルコニウム、ハフニウム及びタンタルから選ばれる1種又は2種以上の金属の窒化物からなり、その表面形状は前記下地層の表面形状を反映したものである反射層と、を備えてなるIII族窒化物系化合物半導体素子。

【0010】このように構成されたIII族窒化物系化合物半導体素子によれば、テクスチャ構造、断面台形状、若しくはピット状である下地層の表面に所定の金属窒化物からなる反射層が形成されている。この反射層は下地層の表面形状を反映しているので、反射層の表面形状もテクスチャ構造、断面台形状、若しくはピット状となる。金属窒化物からなる反射層はいわゆる金属色の鏡面を有する。更には、テクスチャ構造、断面台形状、若しくはピット状の表面に対してはIII族窒化物系化合物半導体層からの光の入射角をより小さくできる。従って、この発明の反射層によればIII族窒化物系化合物半導体層側から入射する光を実質的に全反射できる。所定の金属窒化物としてチタン、ジルコニウム、ハフニ

ウム及びタンタルから選ばれる1種又は2種以上の金属の窒化物を採用した場合、その上にIII族窒化物系化合物半導体を結晶性よく成長させられることは本発明者らにより既に提案されている（特願平11-235450号、出願人整理番号：980380、代理人整理番号：P011301参照）。かかる金属窒化物からなる反射層の上にIII族窒化物系化合物半導体を成長させる場合においても、その表面がテクスチャ構造、断面台形状、若しくはピット状とされることにより、III族窒化物系化合物半導体層と反射層及び下地層を含めた基板との間の歪みが緩和される。これは、ヘテロ界面に傾斜面が存在することによりヘテロ界面にかかる応力が当該傾斜面と平行に加わることとなって分散され、もって応力が緩和されることによると考えられる。このようにして歪みが緩和されると、そりの問題が低減される。その結果、III族窒化物系化合物半導体層へクラックが入ることを未然に防止できることはもとよりその結晶性が向上し、さらには素子作製時のアライメントも取り易くなる。

【0011】

20 【発明の実施の態様】以下、この発明の各要素について詳細に説明する。

基板

基板はその上にIII族窒化物系化合物半導体からなる下地層を形成できるものであれば特に限定されないが、サファイア、SiC（炭化シリコン）及びGaN（窒化ガリウム）等の六方晶材料、Si（シリコン）やGaP（リン化ガリウム）、GaAs（砒化ガリウム）などの立方晶材料を用いることが出来る。

【0012】III族窒化物系化合物半導体層

30 III族窒化物系化合物半導体は、一般式として $A_1xG_aY_{n_1-x}N$ ($0 \leq X \leq 1, 0 \leq Y \leq 1, 0 \leq X+Y \leq 1$) で表され、AlN、GaN及びInNのいわゆる2元系、 $A_1xGa_{1-x}N$ 、 $A_1xIn_{1-x}N$ 及び $Ga_xIn_{1-x}N$ (以上において $0 < x < 1$) のいわゆる3元系及び $A_1xG_aY_{n_1-x}N$ ($0 < X < 1, 0 < Y < 1$) の4元系を包含する。III族元素の一部をボロン（B）、タリウム（Tl）等で置換しても良く、また、窒素（N）の一部もリン（P）、ヒ素（As）、アンチモン（Sb）、ビスマス（Bi）等で置換できる。発光素子や受光素子の素子機能部分は上記2元系若しくは3元系のIII族窒化物系化合物半導体より構成することが好ましい。III族窒化物系化合物半導体は任意のドーパントを含むものであっても良い。 n 型不純物として、Si、Ge、Se、Te、C等を用いることができる。 p 型不純物として、Mg、Zn、Be、Ca、Sr、Ba等を用いることができる。なお、 p 型不純物をドープした後にIII族窒化物系化合物半導体をさらに低抵抗化するために電子線照射、プラズマ照射若しくは炉による加熱することも可能である。III族窒化物系化合物半導体は、有機金属気相成長法（MOC

VD法) のほか、周知の分子線結晶成長法(MBE法)、ハライド系気相成長法(HVPE法)、スパッタ法、イオンプレーティング法、電子シャワー法等によつても形成することができる。

【0013】発光素子には発光ダイオードやレーザダイオードが挙げられ、受光素子には受光ダイオードや太陽電池等が挙げられる。なお、発光素子や受光素子の構成としては、MIS接合、PIN接合やpn接合を有したものや、ホモ構造、ヘテロ構造若しくはダブルヘテロ構造のものを用いることができる。発光層として量子井戸構造(单一量子井戸構造若しくは多重量子井戸構造)を採用することもできる。

【0014】上で説明したIII族窒化物系化合物半導体により下地層も形成される。即ち、 $A_1 X G_a Y I_{n1} - X - Y N$ ($0 < X < 1$, $0 < Y < 1$, $0 < X+Y < 1$) で表現される四元系の化合物半導体、 $A_1 x G_a_{1-x} N$ ($0 < X < 1$) で表現される三元系の化合物半導体、並びに $A_1 N$ 、 $G_a N$ 及び $I_{n1} N$ が含まれる。サファイア基板の上には特に $A_1 N$ が好適に用いられる。

【0015】下地層の表面には斜面が形成されている。このとき、斜面を作るもとの構造は、三角錐、四角錐などの多角錐の集合体の場合も、山脈状に山部と谷部とが帯状の傾斜面で交互につながっている場合も含む。この斜面は下地層の全面に形成されており、1つ1つの斜面は細かいものであって、その幅は平面投影面において $2 \mu m$ 未満である。この斜面(見方によつては、凹部である)の占める面積割合は、平面投影面上で、5~100%とすることが好ましい。更に好ましくは30~100%であり、更に好ましくは70~100%である。この斜面の占める面積割合が平面投影面上で70~100%であると、図2及び3に示すように、下地層の表面はテクスチャ構造となり、その断面形状は山形となる。100%のものがノコギリ歯状に谷と山とを繰り返す構造となる。この斜面の占める面積割合が平面投影面上で30~70%であると、図4に示すように、下地層の表面は島の部分と山の部分が混在し、その断面形状は台形となる。この斜面の占める面積割合が平面投影面上で5~30%であると、図5に示すようにピット状となり、平坦な表面に孔があいた構成である。ここで、平面投影面とは、下地層の表面をこれに平行な面へ平行投影して得られる投影面である。

【0016】このように表面に凹凸を備えたIII族窒化物系化合物半導体層は、後で形成される素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体と実質的に同じ温度である高温(1150°C程度)において、通常の成長条件よりもアンモニアを多く流すことにより形成される。

【0017】上記において、テクスチャ構造等を持つ下地層は基板上へ、成長条件を調整することにより、アズグロウンに形成するものである。平坦面の下地層を成長させておいてその平坦面をエッチングなどの方法で処

理することにより、下地層の表面をテクスチャ構造、断面台形状、ピット状とすることも可能である。

【0018】基板と下地層との間に堆積層を形成することが好ましい。下地層がIII族窒化物系化合物半導体からなる場合、堆積層も同じくIII族窒化物系化合物半導体で形成するか或いは金属窒化物系化合物半導体で形成することが好ましい。堆積層はIII族窒化物系化合物半導体のなかでも $A_1 x G_a_{1-x} N$ ($0 \leq x \leq 1$) からなるものとすることが好ましく、更に好ましくは $A_1 N$ である。金属窒化物系化合物半導体のなかでは窒化チタン、窒化ハフニウム、窒化ジルコニウム及び窒化タンタルから選ばれる1種又は2種以上からなるものとすることが好ましい。更に好ましくは窒化チタンである。このとき基板はサファイア製とすることが好ましく、更に好ましくはサファイア基板のa面に堆積層を形成する。かかる堆積層の形成方法として周知のIII族窒化物系化合物半導体及び金属窒化物系化合物半導体の形成方法(MOCVD法やスパッタ法等)が採用できる。堆積層の膜厚はとくに限定されるものではないが、数~数100nm(数10~数1000Å)とする。本発明者らの検討によれば、基板と下地層(歪緩和層)との間に堆積層を介在させることにより、下地層表面の傾斜を制御し易くなる。即ち、所望の構造の(テクスチャ構造、断面台形状、ピット構造)表面を形成するための条件の幅が広くなり、当該所望の構造の表面の形成が容易になる。これにより、かかる下地層を有する素子を歩留りよく製造できる。

【0019】堆積層はこれを二層以上設けることができる。基板の上に接して形成される第1の堆積層の上にII族窒化物系化合物半導体、好ましくは $A_1 N$ 又は $G_a N$ からなる中間層を形成し、この中間層の上に第2の堆積層を形成(これを繰返すことも可能)、この第2の堆積層の上に下地層を形成する。第1の堆積層と第2の堆積層とは同一の組成であっても、異なる組成であってもよい。中間層の厚さも特に限定されるものではない。複数の堆積層が形成される例として、特開平7-267796号公報及び特開平9-199759号公報を参照されたい。

【0020】反射層の形成材料には窒化チタン、窒化ハフニウム、窒化ジルコニウム若しくは窒化タンタルの1種又は2種以上が選ばれる。中でも窒化チタンが好ましい。これらの金属窒化物の成長方法は特に限定されないが、プラズマCVD、熱CVD、光CVD等のCVD(Chemical Vapour Deposition)、スパッタ、リアクティブスパッタ、レーザアブレーション、イオンプレーティング、蒸着、ECR法等の(Physical Vapour Deposition)等の方法を利用できる。反射層の膜厚は0.1~5.0μmとすることが好ましい。反射層の膜厚が上限値を超えると、下地層の表面の凹凸が埋められて、反

射層の表面がフラットになる惧れがあり、そうすると反射面とIII族窒化物系化合物半導体層とのヘテロ界面における応力緩和が期待できなくなる。他方、下限値を下回る膜厚では光の反射が不充分となる。反射層の更に好ましい膜厚は0.1~1.0μmであり、更に更に好ましくは0.2~0.5μmである。

【0021】以上説明した例では、傾斜面をもつ下地層及び反射層の上にIII族窒化物系化合物半導体層を成長させ、このIII族窒化物系化合物半導体層をそのまま素子機能層とする場合を想定して説明してきた。なお、このIII族窒化物系化合物半導体層を中間層としてさらにその表面に歪緩和のための傾斜面を有する第2の下地層を形成することも可能である（さらにこれを繰返すこと*

層	組成	(膜厚)
透光性電極 19		
p型クラッド層（兼コンタクト層）18	p-GaN:Mg	(0.3μm)
発光層 17	多重量子井戸構造	
量子井戸層	In _{0.15} Ga _{0.85} N	(3.5nm)
バリア層	GaN	(3.5nm)
量子井戸層とバリア層の繰り返し数	1~10	
n型クラッド層（兼コンタクト層）16	n-GaN:Si	(4μm)
反射層 25	TiN	(0.3μm)
下地層 15	AlN	(1.5μm)
基板 11	サファイア(a面)	(350μm)

【0024】n型クラッド層16は発光層17側の低電子濃度n-層と下地層15側の高電子濃度n+層とからなる2層構造とすることができます。後者はnコンタクト層と呼ばれる。発光層17は多重量子井戸構造のものに限定されない。発光素子の構成としてはシングルヘテロ型、ダブルヘテロ型及びホモ接合型のものなどを用いることができる。発光層として单一量子井戸構造を採用することもできる。発光層17とp型クラッド層18との間にマグネシウム等のアクセプタをドープしたバンドギャップの広いIII族窒化物系化合物半導体層を介在させることができる。これは発光層17中に注入された電子がp型クラッド層18に拡散するのを防止するためである。p型クラッド層18を発光層17側の低ホール濃度p-層と電極側の高ホール濃度p+層とからなる2層構造とすることができます。後者はpコンタクト層と呼ばれる。量子井戸層はInN、GaN、InGaN及びInAlNを含むInGaAlNであれば良く、バリア層は量子井戸層よりエネルギーギャップが大きいGaN、InGaN、InAlN、AlGaNを含むInGaAlNであればよい。

【0025】上記構成の発光ダイオードは次のようにして製造される。まず、MOCVD装置の反応装置内へ水素ガスを流通させながら当該サファイア基板を1130°Cまで昇温して表面をクリーニングする。その後、その基板温度においてTMA及びNH₃を導入してAlN製の下地層15をMOCVD法で成長させる。このとき、*

*も可能である）。これにより、素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層の歪が更に緩和され、その結晶性が向上する。この中間層は、下地層の表面構造が反映された傾斜面（テクスチャー構造等）のある表面を有するものであっても、フラットな表面を有するものであってもよい。最も上に位置する下地層に反射層が形成される。

【0022】

【実施例】次にこの発明の実施例について説明する。実施例は発光ダイオード10であり、その構成を図1に示す。

【0023】各層のスペックは次の通りである。

層	組成	(膜厚)
透光性電極 19		
p型クラッド層（兼コンタクト層）18	p-GaN:Mg	(0.3μm)
発光層 17	多重量子井戸構造	
量子井戸層	In _{0.15} Ga _{0.85} N	(3.5nm)
バリア層	GaN	(3.5nm)
量子井戸層とバリア層の繰り返し数	1~10	
n型クラッド層（兼コンタクト層）16	n-GaN:Si	(4μm)
反射層 25	TiN	(0.3μm)
下地層 15	AlN	(1.5μm)
基板 11	サファイア(a面)	(350μm)

【0024】n型クラッド層16は発光層17側の低電子濃度n-層と下地層15側の高電子濃度n+層とからなる2層構造とすることができます。後者はnコンタクト層と呼ばれる。発光層17は多重量子井戸構造のものに限定されない。発光素子の構成としてはシングルヘテロ型、ダブルヘテロ型及びホモ接合型のものなどを用いることができる。発光層として单一量子井戸構造を採用することもできる。発光層17とp型クラッド層18との間にマグネシウム等のアクセプタをドープしたバンドギャップの広いIII族窒化物系化合物半導体層を介在させることができる。これは発光層17中に注入された電子がp型クラッド層18に拡散するのを防止するためである。p型クラッド層18を発光層17側の低ホール濃度p-層と電極側の高ホール濃度p+層とからなる2層構造とすることができます。後者はpコンタクト層と呼ばれる。量子井戸層はInN、GaN、InGaN及びInAlNを含むInGaAlNであれば良く、バリア層は量子井戸層よりエネルギーギャップが大きいGaN、InGaN、InAlN、AlGaNを含むInGaAlNであればよい。

【0025】上記構成の発光ダイオードは次のようにして製造される。まず、MOCVD装置の反応装置内へ水素ガスを流通させながら当該サファイア基板を1130°Cまで昇温して表面をクリーニングする。その後、その基板温度においてTMA及びNH₃を導入してAlN製の下地層15をMOCVD法で成長させる。このとき、*

※TMA:30μmol/min、NH₃:3SLMの条件で流し、所定の膜厚を成長させることでAlN下地層15の表面は図2及び図3に示したテクスチャー構造となる。同様に、上記条件においてNH₃の流量を1/2~1/3とすることにより、下地層15の表面は図4に示した断面台形状となる。同様に、上記条件においてNH₃の流量を1/4~1/9とすることにより、下地層15の表面は図5に示したピット状となる。

【0026】サファイア上に平坦なAlNを成膜する条件においては、特にAlNの成膜初期においてAlNがc軸方向（基板垂直方向）に成長する速度とc軸と垂直方向（基板平行方向）に成長する速度とを比較すると、後者の速度が十分大きい。従って、AlNは基板平行方向に二次元的に成長をした後、基板垂直方向へ三次元的に成長する。即ち、成長表面ではAl原子とN原子とがマイグレーションして均一な成長サイトを形成するのに十分な時間がある。この条件に対してN量を増加させると特にAl原子が適切なマイグレーションをする前に成長表面の原子と結合してしまい、基板垂直方向の成長速度が大きくなる。その結果、基板平行方向の成長が不均一となってテクスチャー構造を作り出すことができる。テクスチャー構造を形成する途中過程が断面台形状であり、ピット状であるといえる。なお、更にN量を増加させるとグレイン成長となり、単結晶化しない。

【0027】次に、試料をDCマグネットロンスパッタ装置の反応層に移し変え、DCマグネットロンスパッタ法を

実行してTiNからなる反射層25を形成する。次いで、試料をMOCVDに移し替え、基板温度を1130°Cに維持した状態でn型クラッド層16を形成し、それ以降のIII族窒化物系化合物半導体層17、18を常法(MOCVD法)に従い形成する。この成長法においては、アンモニアガスとIII族元素のアルキル化合物ガス、例えばトリメチルガリウム(TMГ)、トリメチルアルミニウム(TMA)やトリメチルインジウム(TMІ)とを適当な温度に加熱された基板上に供給して熱分解反応させ、もって所望の結晶を基板の上に成長させる。

【0028】次に、Ti/Niをマスクとしてp型クラッド層18、活性層17及びn型クラッド層16の一部を反応性イオンエッティングにより除去し、n電極パッド*

層	組成	(膜厚)
透光性電極19		
p型クラッド層(兼コンタクト層)	18 : p-GaN:Mg	(0.3μm)
発光層17:	多重量子井戸構造	
量子井戸層 : In _{0.15} Ga _{0.85} N		(3.5nm)
バリア層 : GaN		(3.5nm)
量子井戸層とバリア層の繰り返し数: 1~10		
n型クラッド層(兼コンタクト層)	16 : n-GaN:Si	(4μm)
反射層25	TiN	(0.3μm)
下地層35:	A1N	(0.2μm)
堆積層31:	A1N	(15nm)
基板11:	サファイア(a面)	(350μm)

【0031】上記構成の発光ダイオード30は次のようにして製造される。まず、アルゴンガスのスパッタ装置によりサファイア基板温度300~500°Cで窒素ガス導入のアルミニウムターゲットによる反応性スパッタを行う。このようにしてAlNを堆積させたサファイア基板をMOCVD装置へセットし、水素ガス、アンモニアガスを流通させながら当該基板を1130°Cまで昇温する。その後、TMA:30μmol/分、NH₃:3SLMの条件で流し、AlN下地層35を形成した。その表面は、顕微鏡写真図7に示されるように、テクスチャ一構造となった。反射層25以降の層の形成方法は図7のものと同様である。

【0032】この発明は、上記発明の実施の形態及び実施例の説明に何ら限定されるものではない。特許請求の範囲の記載を逸脱せず、当業者が容易に想到できる範囲で種々の変形態様もこの発明に含まれる。

【0033】以下、次の事項を開示する。

11 基板と、該基板の上に形成される下地層であって、該下地層はIII族窒化物系化合物半導体で形成されてその表面がテクスチャー構造、断面台形状、若しくはピット状である下地層と、該下地層の表面に形成される反射層であって、チタン、ジルコニウム、ハフニウム及びタンタルから選ばれる1種又は2種以上の金属の窒化物からなり、その表面形状は前記下地層の表面形状を反※50

*21を形成すべきn型クラッド層16を表出させる。

【0029】半導体表面上にフォトレジストを一様に塗布して、フォトリソグラフィにより、p型クラッド層18の上の電極形成部分のフォトレジストを除去して、その部分のp型クラッド層18を露出させる。蒸着装置にて、露出させたp型クラッド層18の上に、Au-Co透光性電極層19を形成する。次に、同様にしてp電極パッド20、n電極パッド21を蒸着する。

【0030】図6に他の実施例の発光ダイオード30を示す。図1の例と同一の要素には同一の符号を付してその説明を省略する。この実施例の発光ダイオード30では、サファイア基板11と下地層15との間にAlN製の堆積層31が介在されている。各層のスペックは次の通りである。

層 : 組成: ドーパント (膜厚)

18 : p-GaN:Mg (0.3μm)

多重量子井戸構造

量子井戸層 : In_{0.15}Ga_{0.85}N (3.5nm)

バリア層 : GaN (3.5nm)

量子井戸層とバリア層の繰り返し数: 1~10

n型クラッド層(兼コンタクト層) 16 : n-GaN:Si (4μm)

反射層25 : TiN (0.3μm)

下地層35 : A1N (0.2μm)

堆積層31 : A1N (15nm)

基板11 : サファイア(a面) (350μm)

※映したものである反射層と、該反射層の上に形成されるIII族窒化物系化合物半導体層と、を備えてなる積層体。

30 12 前記反射層は窒化チタンからなる、ことを特徴とする11に記載の積層体。

13 前記下地層はA_{1-x}Ga_{1-x}N (0≤x≤1)からなる、ことを特徴とする11又は12に記載の積層体。

14 前記下地層はAlNからなる、ことを特徴とする13に記載の積層体。

15 前記下地層はInGaAlNからなる、ことを特徴とする11又は12に記載の積層体。

16 前記下地層はInAlN又はInGaNからなる、ことを特徴とする11又は12に記載の積層体。

17 前記基板はサファイア製若しくはシリコン単結晶製である、ことを特徴とする11~16のいずれかに記載の積層体。

18 前記下地層と前記基板との間に堆積層が介在される、ことを特徴とする11~17のいずれかに記載の積層体。

19 前記基板はサファイア製であり、前記下地層はAlNからなりその表面はテクスチャー構造であり、前記反射層は窒化チタンからなる、ことを特徴とする11に記載の積層体。

1.1

1.2

【図面の簡単な説明】

【図1】図1はこの発明の実施例の発光ダイオードを示す。

【図2】図2はテクスチャー構造の下地層を示す断面図である。

【図3】図3はテクスチャー構造の下地層を示す表面SEM写真である。

【図4】図4は断面台形状の下地層を示す表面SEM写真である。

【図5】図5はピット状の下地層を示す表面SEM写真である。

【図6】図6はこの発明の他の実施例の発光ダイオード

を示す。

【図7】図7は図6の実施例の下地層の表面顕微鏡写真である。

【符号の説明】

10、30 発光ダイオード

15、35 表面テクスチャー構造を有する層（下地層）

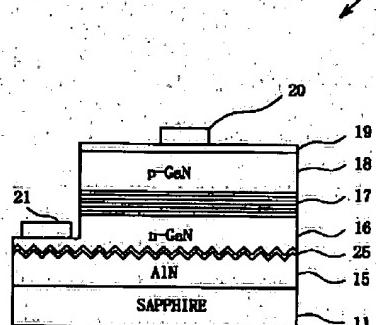
16 n型クラッド層

17 発光層

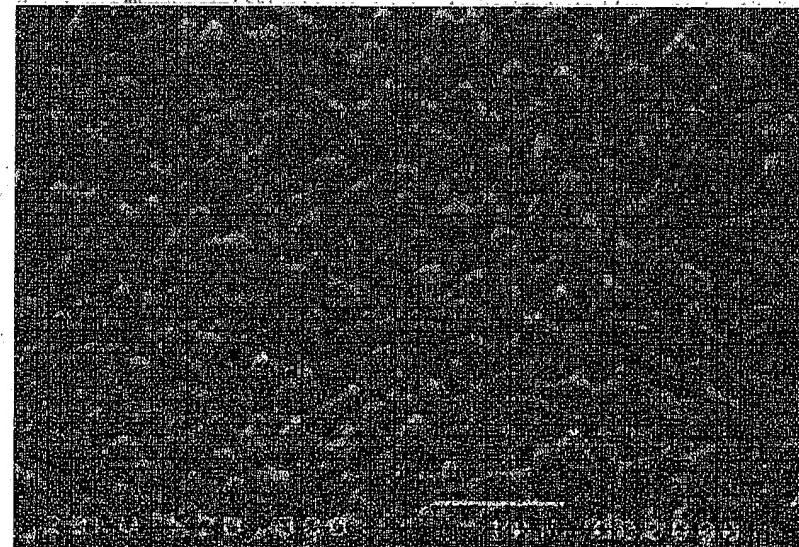
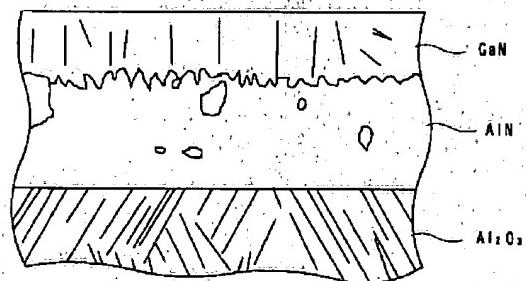
18 p型クラッド層

25 反射層

【図1】

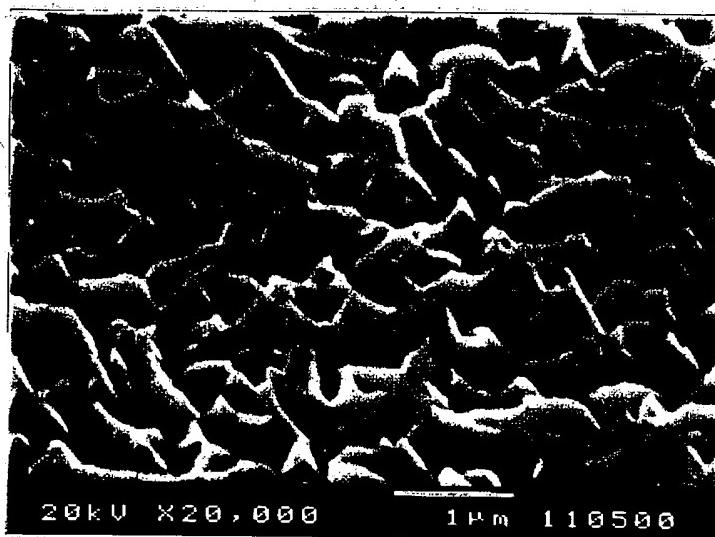


【図2】

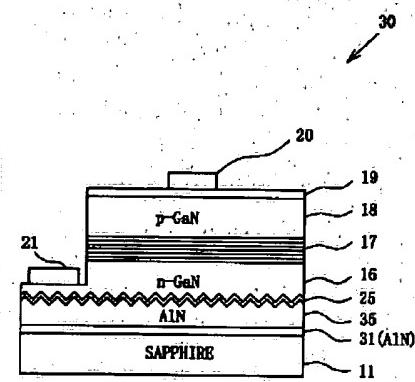


BEST AVAILABLE COPY

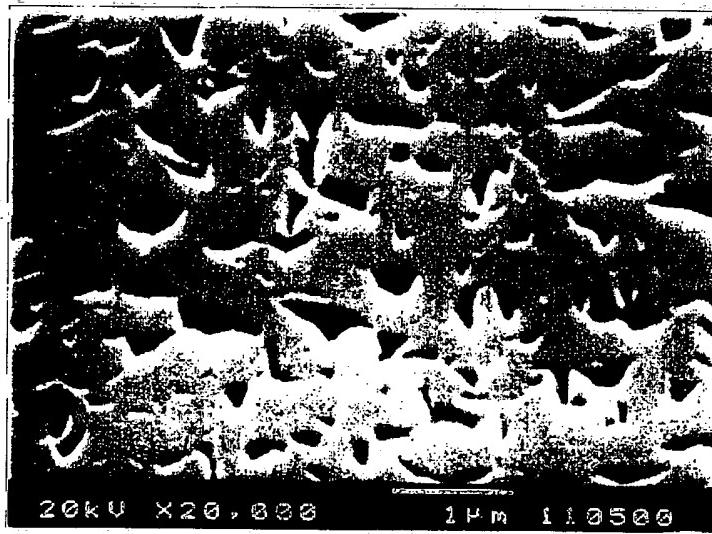
【図4】



【図6】

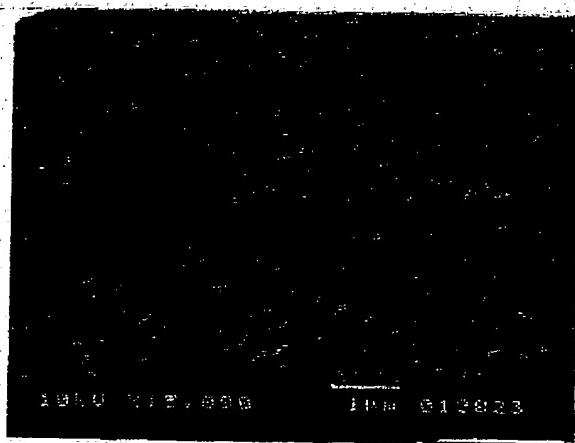


【図5】



BEST AVAILABLE COPY

【図7】



BEST AVAILABLE COPY

フロントページの続き

(72)発明者 千田 昌伸

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 伊藤 潤

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 渡邊 大志

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 浅見 慎也

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 浅見 静代

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA04 AA40 CA03 CA04

CA05 CA33 CA34 CA40 CA46

CA57 CA65 CA85 CA88 CB15

5F045 AA04 AA05 AA19 AB09 AB14

AC19 CA10 CA12 CA13 DA55

EE12

5F088 AB07 AB17 FA02 FA05 GA02

GA03 HA09